

Toleràncies i coordinació dimensional

Jaume Avellaneda i Claudi Aguiló

Denominació: Hotel Torres Porta Fira a la plaça Europa, l'Hospitalet. Barcelona

Construcció: 2006-2009

Arquitectes: Toyo Ito (ITO AA), Fermín Vázquez (b720 Arquitectos)

Equip d'arquitectura: ITO AA: Takeo Higashi, Florian Busch, Yuichi Yokokawa, Andrew Barrie, Taku Adachi, You Hama (Takenaka Corporation), Shuichi Kobari, Keisuke Sawamura, Atsushi Ito, Wataru Fujie, b720: Nils Becker, Cristina Algás, Alexa Plasencia, Amparo Casani, Ana Caffaro, Anaïs Blanc, Andrea Rodríguez, Eduardo Calcerrada, Gaëlle Lauerrois, Eike Grossman, Gemma Ojea, Gustavo Sapiña, Joao Miguel, Laia Isern, Magdalena Ostornol, Mirko Usai, Nikki Ross, Pablo Garrido, Peco Mulet, Pietro Peyron, Oriol Roig

Promotor: Torres Porta Fira, (FCC Construcción, Layetana Inmobiliaria, Metrópolis) + Promociones Urbanas SL

Client final: Hoteles Santos

Empresa constructora: FCC Construcción, SA

Superfície construïda: 34.688 m²

Les dimensions són una manifestació de l'habilitat, el gust i la saviesa dels constructors. Les antigues cultures treballaven amb un complex ordre de mesures per construir l'edifici. Aquest ordre estava pensat principalment a partir de principis estètics.

Les dimensions també contenen valors estètics, de fabricació i de tècnica, i són un compromís entre aquestes forces, sovint oposades. El caràcter d'aquest compromís reflecteix la proposta de l'edifici.

Les dimensions són l'instrument pel qual l'home domina la construcció. És l'eina de què disposa per organitzar els elements de l'edifici en la seva totalitat i crear l'entorn humà anomenat arquitectura.

Heinrich Engel, *The Japanese House* (1964)

Les dimensions de l'arquitectura i les dimensions de la construcció no sempre tenen el mateix objectiu; el traçat regulador de les vil·les pal·ladianes, utilitzat com a eina compositiva, no atén criteris constructius, i les malles modulars típiques dels sistemes de construcció prefabricada acostumen a determinar una arquitectura sense gaires concessions formals.

En la construcció tradicional japonesa té lloc una afortunada coincidència entre ambdues concepcions de dimensions. El sistema *kyō-ma* es basa en la utilització d'un mòdul preferent: el *ken*. Un *ken* equival a 6,5 *shaku* i a 6,5 peus (o 1.970 mm). La magnitud *ken* està estretament relacionada amb les dimensions del tatami (6,30 x 3,15 *shaku*), de manera que els pilars de fusta d'un habitatge es disposaven a distàncies múltiples del *ken* (1 *ken*, 1,5 *ken*, 2 *ken*). La diferència entre la dimensió principal del *ken* i la del tatami, 0,20 *shaku*, correspon a la meitat del gruix de

Dimensional coordination and tolerances

Dimensions are a manifestation of the ability, taste and wisdom of builders. The ancient cultures worked with a complex order of measurements to construct a building. This order was mainly based on aesthetic principles.

Dimensions also contain aesthetic, production and technology values, and are a compromise between these often opposing forces. The nature of this compromise reflects the building's proposal.

Dimensions are the instrument through which man dominates construction. It is the tool that he has to organise the building's elements in their entirety and to create the human environment known as architecture.

Heinrich Engel, *The Japanese House* (1964)

The dimensions of architecture and the dimensions of construction do not always have the same objective: the regulating layout of the Palladian villas used as a tool for composition, does not attend to construction criteria and the modular meshes typical of prefabricated construction usually determine a type of architecture without too many formal concessions.

In traditional Japanese construction a fortunate coincidence arises between both dimensional conceptions. The *kyō-ma* system is based on the use of a preferential module: the *ken*. One *ken* is equivalent to 6.5 *shaku* and to 6.5 feet (or 1,970 mm). Magnitude is closely related with the dimensions of the tatami (6.30 x 3.15 *shaku*), so the wooden pillars of a dwelling were arranged at distances in multiples of *ken* (1 *ken*, 1.5 *ken*, 2 *ken*). The difference between the main *ken* dimension and that of the tatami, 0.20 *shaku*, corresponds to half of the thickness of the square wooden columns, 0.4 x 0.4 *shaku*. When the layout of a Japanese house is observed, a prominent feature is the ordered

Tolerancias y coordinación dimensional

Las dimensiones son una manifestación de la habilidad, el gusto y la sabiduría de los constructores. Las antiguas culturas trabajaban con un complejo orden de medidas para construir el edificio. Este orden estaba pensado principalmente a partir de principios estéticos.

Las dimensiones también contienen valores estéticos, de fabricación y de técnica, y son un compromiso entre dichas fuerzas, a menudo opuestas. El carácter de este compromiso refleja la propuesta del edificio.

Las dimensiones son el instrumento por el cual el hombre domina la construcción. Es la herramienta de la que dispone para organizar los elementos del edificio en su totalidad y crear el entorno humano llamado arquitectura.

Heinrich Engel, *The Japanese House* (1964)

Las dimensiones de la arquitectura y las dimensiones de la construcción no tienen siempre el mismo objetivo; el trazado regulador de las villas palladianas, utilizado como herramienta compositiva, no atiende a criterios constructivos, y las malles modulares típicas de los sistemas de construcción prefabricada acostumban a determinar una arquitectura sin demasiadas concesiones formales.

En la construcción tradicional japonesa se produce una afortunada coincidencia entre ambas concepciones dimensionales. El sistema *kyō-ma* se basa en la utilización de un módulo preferente: el *ken*. Un *ken* equivale a 6,5 *shaku* y a 6,5 pies (o 1.970 mm). La magnitud está estrechamente relacionada con las dimensiones del tatami (6,30 x 3,15 *shaku*), de modo que los pilares de madera de una vivienda se disponían a distancias múltiples del *ken* (1 *ken*, 1,5 *ken*, 2 *ken*). La diferencia entre la dimensión principal del *ken* y la del tatami, 0,20 *shaku*, corresponde a la mitad del

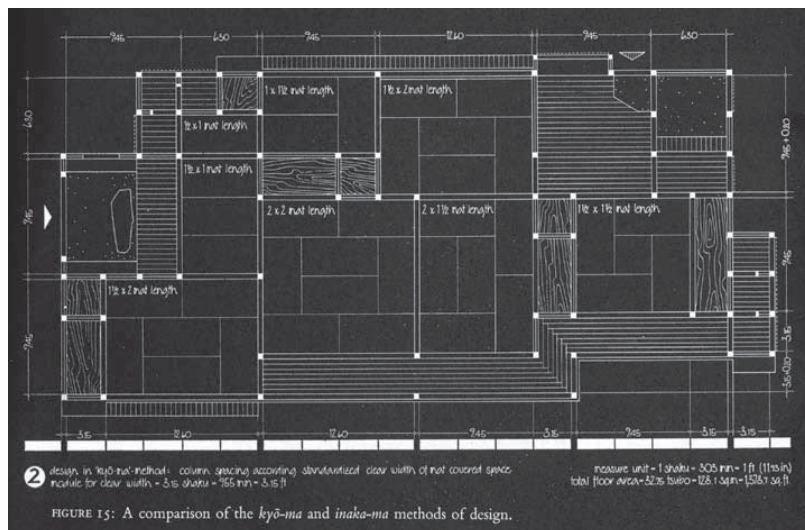
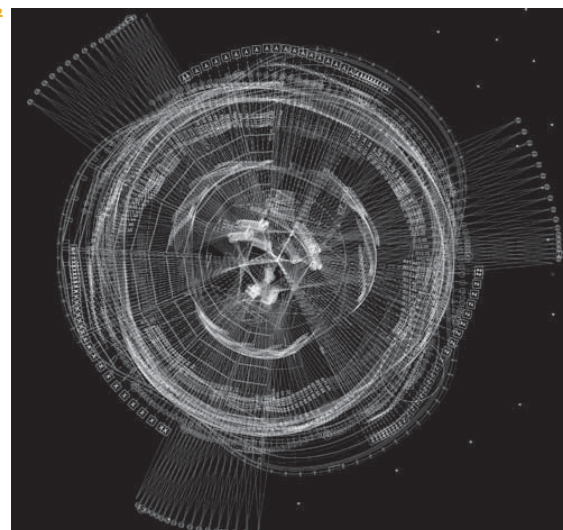


FIGURE 15: A comparison of the kyō-ma and inaka-ma methods of design.



les columnes quadrades de fusta, 0,4 x 0,4 *shaku*. Quan s'observa la planta d'un habitatge japonès, en destaca la disposició ordenada dels tatamis, és a dir, està modulada a partir del tatami.

S'han utilitzat molts sistemes de dimensions per fer arquitectura i construcció i cadascun respon a objectius concrets; així, el Modulor de Le Corbusier busca humanitzar les proporcions del món físic; les malles *tartan*, de J. Habraken, permeten construir els seus suports; els sistemes modulars de Rafael Leoz pretenien la construcció industrial d'habitatges sense caure en la rigidesa formal habitual en aquests casos, i l'objectiu de les graelles desenvolupades per l'European Productivity Agency (EPA) era poder construir amb tècniques de prefabricació el nombre d'habitatges que calien en l'escenari de la postguerra europea. L'aplicació d'un sistema de dimensions està justificat pels objectius que es volen assolir: compositiu, productiu o constructiu.

A més, els sistemes de dimensions estan molt relacionats amb la precisió de fabricació i de construcció dels diferents elements de l'edifici. La fabricació en taller i, encara més, la construcció in situ dels elements constructius que constitueixen l'edifici no és exacta, hi pot haver diferències entre la dimensió teòrica prevista d'un element i la seva dimensió real. A aquesta diferència se l'anomena *tolerància dimensional*. Un sistema de dimensions molt estricte requereix, igualment, que els seus components tinguin unes toleràncies dimensionals estrictes.

No tenim encara el costum de pensar la construcció també a partir de les toleràncies dimensionals, segurament perquè fins ara ha predominat una construcció, basada en el ram de paleta, que s'adaptava relativament bé a les dimensions fixades per les cares més o menys regulars dels pilars o dels sostres, i hi ajuda el fet que, quan l'arquitecte no és gaire exigent amb l'aspecte final de la

arrangement of the tatamis, in other words, it is modulated based on the tatami.

Many dimension systems have been used for architecture and construction, and each of them responds to specific objectives; thus, Le Corbusier's Modulor seeks to humanise the proportions of the physical world; the tartan grids of J. Habraken allow its supports to be built; the modular systems of Rafael Leoz aimed for the industrial construction of homes without falling into the formal rigidity common in these cases and the objective of the grids developed by the European Productivity Agency (EPA) was to be able to build, using prefabrication techniques, the number of homes that were necessary in the European post-war scenario. The application of a system of dimensions is justified by the objectives that it is sought to achieve, whether composition-, production- or construction-related.

Furthermore, dimensions systems are closely related with the precision of the manufacturing and construction of the different building elements. Manufacturing in a workshop and, even more so, the building in situ of construction elements that make up the building is not exact, there may be differences between the envisaged theoretical dimension of an element and its real dimension. This difference is known as *dimensional tolerance*. A very strict system of dimensions requires, equally, that its components have strict dimensional tolerances.

We are not yet in the habit of thinking about construction based on dimensional tolerances, probably because until now the construction that has predominated was based on the bricklaying sector, which adapted relatively well to the dimensions established by the more or less regular faces of pillars or ceiling. A contributing factor is the fact that, when the architect is not very demanding

grosor de les columnes quadrades de fusta, 0,4 x 0,4 *shaku*. Quan se observa la planta de una vivienda japonesa, destaca en ella la disposició ordenada de los tatamis, es decir, está modulada a partir del tatami.

Se han utilizado numerosos sistemas de dimensiones para hacer arquitectura y construcción y cada uno responde a objetivos concretos; así, el Modulor de Le Corbusier busca humanizar las proporciones del mundo físico; las mallas *tartan*, de J. Habraken, permiten construir sus soportes; los sistemas modulares de Rafael Leoz pretendían la construcción industrial de viviendas sin caer en la rígida forma habitual en estos casos, y el objetivo de las cuadrículas desarrolladas por la European Productivity Agency (EPA) era poder construir, con técnicas de prefabricación, la cantidad de viviendas que se requerían en el escenario de la posguerra europea. La aplicación de un sistema dimensional está justificado por los objetivos que desean alcanzarse: compositivos, productivos o constructivos.

Además, los sistemas dimensionales están muy relacionados con la precisión de fabricación y de construcción de los distintos elementos del edificio. La fabricación en taller y, más aún, la construcción in situ de los elementos constructivos que constituyen el edificio no es exacta, pueden existir diferencias entre la dimensión teórica prevista de un elemento y su dimensión real. A esta diferencia se la llama *tolerancia dimensional*. Un sistema de dimensiones muy estricto requiere, igualmente, que sus componentes tengan unas tolerancias dimensionales estrictas.

No tenemos todavía la costumbre de pensar la construcción también a partir de las tolerancias dimensionales, seguramente porque hasta ahora ha predominado una construcción, basada en el ramo de la albañilería, que se adaptaba relativamente bien a las dimensiones fijadas por las caras más o menos regula-

construcció, el junt entre els elements és el que fa l'acord definitiu. A mesura que la construcció adopti muntatges en sec, que l'arquitectura cerqui millors acabats i detalls constructius i que augmenti el nombre d'industrialistes que participen en el procés de construcció, la fixació de les toleràncies dimensionals de les diferents parts de l'edifici esdevindrà no solament una necessitat arquitectònica i tècnica, sinó també administrativa, ja que les toleràncies dimensionals de les diverses tècniques que s'utilitzin han de ser compatibles entre elles.

Quan es tracta d'edificacions amb geometria complexa, la gestió de les dimensions esdevé essencial, ja que és l'única manera de controlar-ne el procés de construcció. Aquest és el cas d'una de les torres que l'arquitecte Toyo Ito, conjuntament amb el despach d'arquitectura b720, està construint a la plaça d'Europa, de l'Hospitalet de Llobregat. Els tubs d'alumini que revesteixen la façana es van adaptant al perímetre dels sostres, els quals van canviant de dimensió a cada planta, tot mantenint, però, la seva continuïtat de baix a dalt. En aquest cas, el sistema de dimensions escollit per a modular la façana, semblantment a les toleràncies dels elements constructius que hi intervenen (perímetre del sostre, lloc que ocupa en el perímetre el nucli de fixació dels tubs a cada planta), exerceix un paper essencial en la construcció d'aquest revestiment, fins al punt que al llarg de la seva construcció ha estat necessària una persona per al seguiment del control dimensional de l'envoltant de l'edifici.

Jaume Avellaneda

3
Construcció de les torres Porta Fira a la plaça d'Europa, l'Hospitalet. Toyo Ito i b720.

4
Detall façana.

5 i 6
Detall del sistema de fixació de la gelosia

7
Imatge de la maqueta del conjunt.

with the construction's final appearance, the joint between elements is what makes the definitive agreement. As construction gradually adopts dry assemblies, as architecture seeks better finishes and construction details and as the number of industrialists involved in the construction process increases, setting the dimensional tolerances of the different parts of the building will not only become an architectural and technical need but also an administrative one, as the dimensional tolerances of the different techniques used have to be compatible with each other.

When dealing with constructions of complex geometry, the management of dimensions becomes essential, as it is the only way of controlling the construction. This is the case with one of the towers that architect Toyo Ito, together with b720 architects, is building in the Plaça d'Europa, in Hospitalet de Llobregat. The aluminium tubes that cover the façade adapt to the perimeter of the ceilings, which change dimension on each floor, always maintaining, however, their continuity from bottom to top. In this case, the system of dimensions chosen to modular the façade, similarly to the tolerances of the construction elements that are involved (ceiling perimeter, the place occupied in the perimeter by the core where the tubes are fixed on each floor), plays an essential role in the construction of this envelope, to the point that the work has required one person exclusively devoted to controlling the building's dimensions.

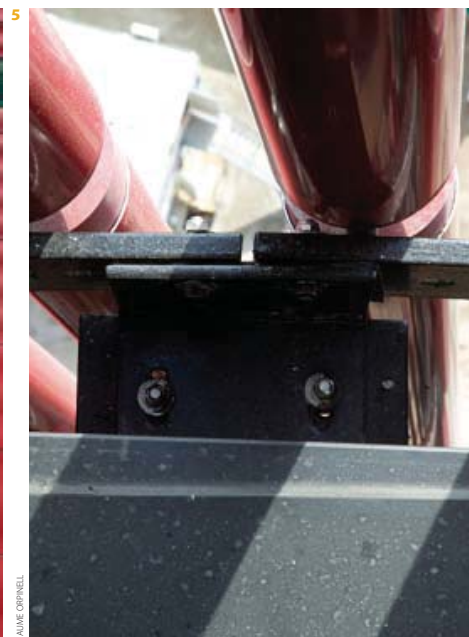
Jaume Avellaneda
Translated by Debbie Smirthwaite

res de los pilares o de los techos, y contribuye a ello el hecho de que, cuando el arquitecto no es muy exigente con el aspecto final de la construcción, la junta entre los elementos es lo que realiza el acuerdo definitivo. A medida que la construcción adopte montajes en seco, que la arquitectura busque mejores acabados y detalles constructivos y que aumente el número de industrialistas que participan en el proceso de construcción, la fijación de las tolerancias dimensionales de las distintas partes del edificio se convertirá no sólo en una necesidad arquitectónica y técnica, sino también administrativa, ya que las tolerancias dimensionales de las distintas técnicas que se utilicen deben ser compatibles entre sí.

Cuando se trata de edificaciones con geometría compleja, la gestión de las dimensiones se vuelve esencial, ya que es la única forma de controlar su construcción. Es este el caso de una de las torres que el arquitecto Toyo Ito, conjuntamente con el despacho de arquitectura b720, está construyendo en la plaza de Europa, de L'Hospitalet de Llobregat. Los tubos de aluminio que revisten la fachada se van adaptando al perímetro de los techos, que van cambiando de dimensión en cada planta, si bien manteniendo su continuidad de abajo arriba. En este caso, el sistema de dimensiones escogido para modular la fachada, de modo semejante a las tolerancias de los elementos constructivos que intervienen (perímetro del techo, lugar que ocupa en el perímetro el núcleo de fijación de los tubos en cada planta), ejerce un papel esencial en la construcción de dicho revestimiento, hasta el punto de que a lo largo de su construcción se ha requerido una persona para el seguimiento del control dimensional del envoltante del edificio.

Jaume Avellaneda
Traducido por Esteve Comes i Bergua





Façana amb envoltant de geometria variable

Hotel Torres Porta Fira a la plaça d'Europa, l'Hospitalet de Llobregat. Toyo Ito & Associates + b720 Arquitectos

La màxima complexitat constructiva d'aquest projecte és aconseguir una superfície contínua i reglada de la façana que expressi la rotació, la translació i el creixement de les plantes de l'edifici a mesura que va pujant en alçada. D'aquesta manera, la torre es divideix en tres terços, cadascun dels quals presenta propietats diferents. Durant les dues primers parts, la geometria de les plantes només roda i es trasllada de forma variable; a la tercera i última part, a més a més, la planta s'escala i es deforma, augmentant la superfície i el perímetre de la torre.

La façana és una solució de doble fulla:

- 1. A l'interior, un tancament estanc a base d'una solució lleugera de mur cortina amb panells d'alumini i vidre. Aquest és sempre vertical (ortogonal al sostre), la qual cosa simplifica la ubicació d'obertures. Al seu torn, el traçat en planta segueix la curvatura més interior d'un dels dos sostres que el contenen, cosa que redueix molt la complexitat a l'hora d'executar el projecte.
- 2. A l'exterior, el tancament és una gelosia permeable a base de tubs d'alumini de sostre a sostre. Aquest tancament és una superfície reglada, que mitjançant unes ròtules en cada tub —que se subjecten en un carril fixat en el cantell de cada sostre— és capaç d'admetre les diferents inclinacions que creen les volades entre les plantes.

La relació entre les ròtules, les metxes, els tubs d'alumini i la subestructura que els suporta és el detall o la solució constructiva que permet al projecte adaptar-se a les situacions variables d'una manera repetitiva i seriada en tota la superfície de la façana.

Claudi Aguiló

Façade with envelope of variable geometry

Hotel Torres Porta Fira at Europa square, L'Hospitalet de Llobregat. Toyo Ito & Associates + b720 Arquitectos

The maximum complexity in the construction of this design lies in achieving a continual and regulated surface of the façade that expresses the rotation, movement and growth of the building's floors as it rises in height. Thus, the tower is divided into three thirds, each with different properties. In the lower two parts, the geometry of the floors simply goes round and moves in a variable way; in the third, top part, furthermore, the layout is stepped and deformed, increasing the tower's surface area and perimeter.

The façade is a double-leaf solution:

- 1. On the inside, a sealed closure based on a light solution of a curtain wall with aluminium and glass panels. This is always vertical (orthogonal to the ceiling) which simplifies the positioning of openings. In turn, its layout on the ground follows the innermost curve of one of the two ceilings containing it, which greatly reduces complexity when executing the project.
- 2. On the outside, the enclosure is a permeable lattice based on aluminium tubes from ceiling to ceiling. This enclosure is a regulated surface, which via some ball-and-socket joints in each tube – which are held in a fixed groove at the edge of each ceiling – is capable of admitting the different slopes that the projections between the floors create.

The relationship between the ball-and-socket joints, spigots, aluminium tubes and the substructure supporting them is the detail that allows the dimensional tolerances required by a construction solution like that of this design to adapt to variable situations in a repetitive and serialised way.

Claudi Aguiló

Translated by Debbie Smithwaite

Fachada con envolvente de geometría variable

Hotel Torres Porta Fira en la plaza Europa, l'Hospitalet de Llobregat. Toyo Ito & Associates + b720 Arquitectos

La máxima complejidad constructiva de este proyecto es conseguir una superficie continua y reglada de la fachada que exprese la rotación, la traslación y el crecimiento de las plantas del edificio a medida que va subiendo en altura. De este modo, la torre se divide en tres tercios, cada uno con distintas propiedades. En las dos primeras partes, la geometría de las plantas sólo rota y se traslada de forma variable; en la tercera y última parte, además, la planta se escala y se deforma, aumentando la superficie y el perímetro de la torre.

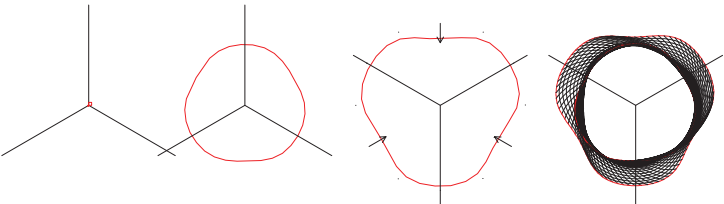
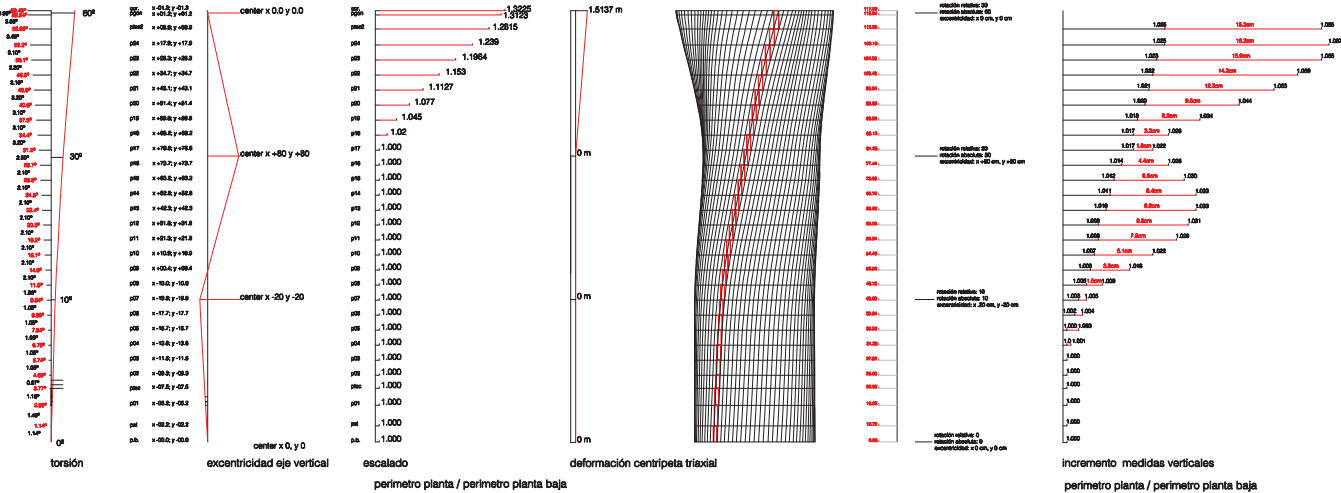
La fachada es una solución de doble hoja:

- 1. En el interior, un cerramiento estanco a base de una solución ligera de muro cortina con paneles de aluminio y cristal. Éste es siempre vertical (ortogonal respecto al techo), lo que simplifica la ubicación de aberturas, y su trazado en planta sigue la curva más interior de uno de los dos techos que lo contienen, hecho que reduce mucho la complejidad en la ejecución del proyecto.
- 2. En el exterior, el cerramiento es una celosía permeable a base de tubos de aluminio de techo a techo. Dicho cerramiento es una superficie reglada, que mediante unas rótulas en cada tubo —sujetas en un carril fijado en el canto de cada techo— es capaz de admitir las distintas inclinaciones que crean los voladizos entre las plantas.

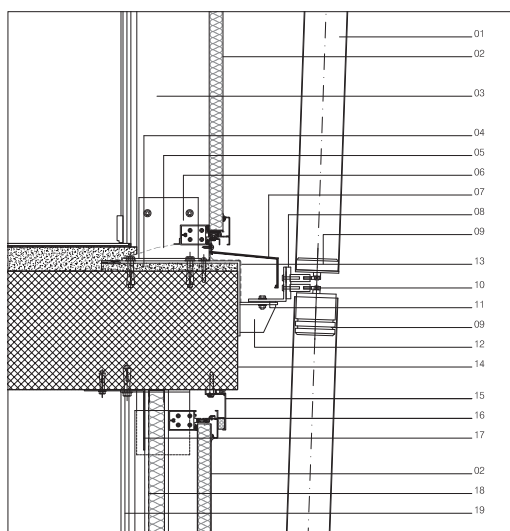
La relación entre rótulas, espigas, tubos de aluminio y la subestructura que los sostiene es el detalle o la solución constructiva que permite al proyecto adaptarse a las situaciones variables de forma repetitiva y seriada en toda la superficie de la fachada.

Claudi Aguiló

Traducido por Isabel Casadevall



Anàlisi geomètric de la torre



- 01** Tub d'alumini de 110 mm de diàmetre i 1,7 mm de gruix. Acabat lacat Ral base 3003D-1094HR RW124L d'Interpon-Azko. Segell Qualicoat.
- 02** Panell sandvitx de 35 mm de xapes exteriors d'acer de 0,5 mm i interior d'escuma rígida de poliuretà. Acabat microperfilat.
- 03** Muntant mur cortina. Acabat lacat negre mate. Ral 9011.
- 04** Capa de regulació de morter.
- 05** Làmina tipus geotèxtil.
- 06** Ancoratge mur cortina d'acer S-275 zincat.
- 07** Remat perimetral inferior d'alumini. Acabat lacat negre mat. Ral 9011.
- 08** Passamà d'acer S-275 galvanitzat amb imprimació negra per la fixació de ròtules. Perimetral al sostre 80x12 o 80x15.
- 09** Metxa de polietilè per enfundar els tubs d'alumini. Acabat color Ral 3003.
- 10** Ròtula de mètric 6. Cos d'acer inox. Aisis 303, anell intern acer inox Aisi 420.
- 11** Junta elàstica tipus Silenbloc de neoprè.
- 12** Ancoratge pell exterior d'acer S-275 galvanitzat amb imprimació negra, Ral 9011.
- 13** Butil autoadhesiu T-240NT. Color negre. Gruix 09 mm.
- 14** Capa de pintura negre mat de 50-60 micres. 59930 Hempacryl Evolution.
- 15** Remat perimetral superior d'alumini. Acabat lacat negre mat.
- 16** Travesser superior mur cortina. Acabat lacat negre mat. Ral 9011.
- 17** Angle d'acer zincat. Fixació tallafocs.
- 18** Promatect 100 de 10 mm per RF-60.
- 19** Extradassat de doble capa de cartró guix.

